GERAÇÃO DE CURVAS DE NIVEL A PARTIR DE GRADES DE MNT PROVENIENTES DE DADOS DO SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHIC MISSION (SRTM), UTILIZANDO O SOFTWARE SPRING NO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO - SP

Ana Cristina Machado RODRÍGUEZ[1]
Elisângela Rosemeri Curti MARTINS[2]

RESUMO

A falta de cartas topográficas atualizadas indica a necessidade do desenvolvimento de metodos que permitam a redução de tempo e recursos para a geração das curvas de nivel. Desta forma, o objetivo deste trabalho é apresentar um método desenvolvido por Crepani e Medeiros (2004) de geração de curvas de nivel automático no software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), utilizando os dados da Missão Topográfica por Radar Interferométrico (Shuttle Radar Topographic Mission-SRTM). Os dados do Shuttle fazem parte de um projeto cooperativo entre a NASA (National Aeronautics and Space Administration), NGA (National Geospatial-Intelligence Agency), DLR (German Aerospace Center) e ASI (Italian Space Agency) que visa a geração de um Modelo Digital de Elevação (MDE) da Terra usando interferometria. Esses dados foram obtidos gratuitamente em (http://seamless.usgs.gov) e tratados no SPRING a partir de um modelo numérico de terreno (MNT), onde a grade retangular original de MNT adquirida do SRTM foi refinada de 90 para 10 metros de resolução gerando-se imagens em níveis de cinza (NC), transformando números reais da grade em valores inteiros dentro do intervalo de NC e também imagens sombreadas considerando-se ângulo azimutal e de elevação de uma fonte luminosa com exagero de relevo. Utilizou-se o Municipio de São Sebastião para a aplicação deste método, pois o mesmo apresenta uma topografia bastante acidentada apresentando cotas altimetricas que variam de zero a 1200 metros. As curvas de nivel geradas apresentaram grande qualidade e precisão topográfica sobre a superficie terrestre, principalmente nas áreas de dificil acesso. Este método vem atender a grande demanda nos setores civis, academicos e militares servindo como base para a Cartografia Digital e também o levantamento de campo.

INTRODUÇÃO

O Ônibus Espacial Endeavour (Space Shuttle Endeavour) percorreu a Terra realizando em fevereiro de 2000, a Missão Topográfica por Radar Interferométrico (Shuttle Radar Topographic Mission). A missão durou cerca de 11 dias coletando 12,4 Terabytes de dados brutos sobre a topografia de 80 % das áreas emersas do planeta (InfoGeo, 2004).

Os dados do Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) fazem parte de um projeto cooperativo entre a NASA (National Aeronautics and Space Administration), NGA (National Geospatial-Intelligence Agency), DLR (German Aerospace Center) e ASI (Italian Space Agency) com o objetivo de gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE) da Terra usando interferometria (Rabus et al., 2003) (Figura1).

[1] Faculdade de Filosofia Letras e Ciencias Humanas - FFLCH, USP, Mestranda, crist@usp.br.
[2] Faculdade de Filosofia Letras e Ciencias Humanas - FFLCH, USP, Mestranda, elismartiss@yahoo.com.br.

Figura 1 – Esquema de aquisição dos dados SRTM. Fonte: ESTEIO (2001).

O Projeto SRTM é o primeiro na utilização da interferometria a bordo da Space Shuttle Endeavour, numa altitude de vôo de 233 Km e uma inclinação de 57°. Existe um conjunto formado por duas antenas que permitem a avaliação do perfil de altitude para a criação de modelo digital tri-dimensional da Terra entre as latitudes 60°N e 58°S (Valeriano, 2004).

Com objetivo de gerar as curvas de níveis do Município de São Sebastião (Figura 2), localizado no Litoral Norte do Estado de São Paulo, utilizou-se os dados do SRTM em grades de Modelos Numéricos de Terreno.

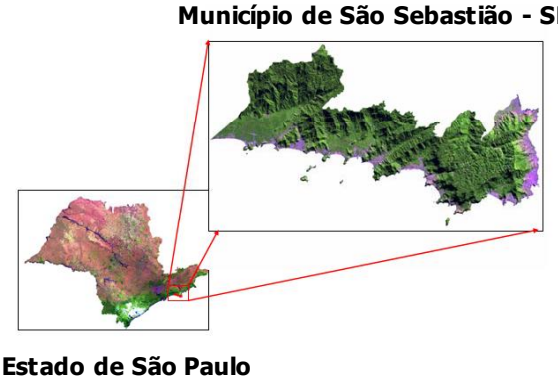

Figura 2 – Localização da Área de Estudo.

Este Município apresenta cotas altimétricas que variam de zero na beira da praia até 1200 metros nos morros, podemos citar o Pico do Papagaio com 1183 metros (Mazzocato, 1998). Segundo Tominaga (2000), 70% deste Município comporta a Serra do Mar que possui escarpas com desníveis em torno de 600 a 1000 metros, encontrando-se em recuo ao sul e dando espaço para a formação de planícies costeiras mais extensas. Já ao norte, a serra avança em direção ao mar formando os espigões que terminam em promontórios rochosos desenvolvendo assim, estreitas planícies costeiras e pequenas praias de tombo.

MÉTODOS e TÉCNICAS

O SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) é um Sistema de Informação Geográfica (SIG), produzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, e distribuído gratuitamente por download (http://www.dpi.inpe.br) para ambientes UNIX e Windows, constituindo um grande avanço em relação aos programas utilizados no levantamento de recursos naturais.

Este software é um programa criado fundamentalmente para aplicações ambientais, integrando dados de imagens de satélites, mapa temáticos, cadastrais e Modelos Numéricos de Terreno (Rodríguez, 2000).

No SPRING, a imagem fotográfica derivada da grade retangular de MNT do Projeto SRTM (Figura 3), obtida por download (http://seamless.usgs.gov) com resolução espacial de 90 metros, foi refinada para 10 metros. O refinamento consiste na diminuição do espaçamento entre os pontos da grade de 90 metros por interpolação gerando uma nova grade de 10 metros (Crepani e Medeiros, 2004).

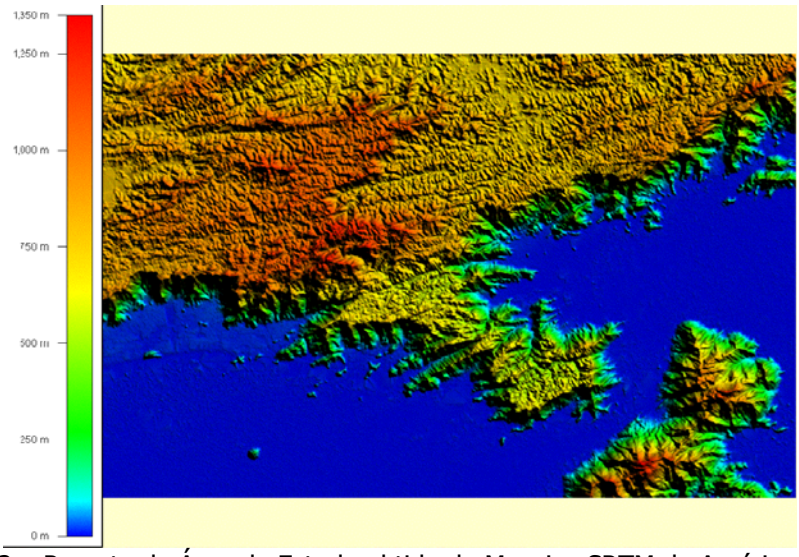

Figura 3 – Recorte da Área de Estudo obtida do Mosaico SRTM da América do Sul.
Fonte:http://seamless.usgs.gov(2005).

O valor da cota z da nova grade pode ser estimado através do interpolador Bicúbico ou Bilinear. Neste trabalho utilizou-se o Bicúbico, pois Crepani e Medeiros (2004), afirmam que este interpolador apresenta melhores resultados, apesar do grande tempo de processamento. Ou seja, este interpolador apresenta como resultado uma superfície contínua e suave (Namikawa et al., 2003).

Os autores comentam que o interpolador Bicúbico garante continuidade de primeira e segunda ordem entre as funções que representam cada célula do modelo. Assim, a superfície resultante é suave nos pontos da grade e também ao longo dos segmentos que formam os retângulos.

O refinamento da grade de 90 para 10 metros não altera a resolução espacial original da grade de 90 metros, apenas permite gerar imagens com melhor qualidade para fotointerpretação em escalas menores (Crepani e Medeiros, 2004) (Figura 4).

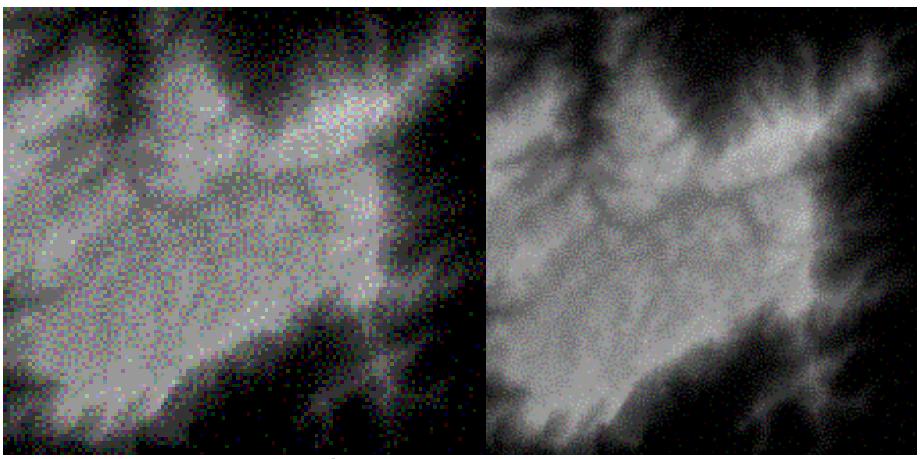

Figura 4 - Imagem em nível de cinza com resolução de 90 e 10 metros.

Após, o refinamento da grade geraram-se imagens em nível de cinza (NC) a partir de um modelo numérico de terreno, onde os valores mínimos e máximos das cotas (Grade Retangular) ou valores reais, foram transformados em valores inteiros dentro do intervalo entre 0 (preto) e 255 (branco).

A resolução da nova grade (10 metros) continua a mesma, pois cada célula da grade corresponderá exatamente a um pixel na imagem de saída, onde os valores mínimos das cotas representam os pixels escuros e os valores máximos por pixels claros (Crepani e Medeiros, 2004).

A partir da grade retangular de MNT do Projeto SRTM gerou-se as imagens sombreadas que possibilitaram visualizar os elementos de textura de relevo e de drenagem definindo estruturas e formas existentes na área de estudo.

Para a obtenção das imagens sombreadas é necessário aplicar um modelo de iluminação na grade retangular de MNT, onde se determina a intensidade de luz refletida em um ponto da superfície considerando uma determinada fonte de luz. Essa fonte pode ser a luz ambiente ou uma outra, complementada com a reflexão da superfície analisada.

No SPRING, utilizaram-se os seguintes parâmetros de iluminação: Azimute= 135° e 225°, Ângulo de Elevação= 45° e Exagero de Relevo= 10.

O Azimute corresponde à posição da fonte luminosa, a partir do Norte (eixo y), variando de 0° a 360°, no sentido horário. O Ângulo de Elevação corresponde ao ângulo entre a fonte luminosa e o plano da superfície, a partir do plano xy e varia de 0° a 90°. E o Exagero de Relevo é o valor de acréscimo na escala vertical da superfície em relação à escala horizontal da imagem sombreada (INPE, 2005).

Segundo Crepani e Medeiros (2004) a escolha dos valores destes parâmetros surgiu após varias analises da qualidade da fotointerpretação nas imagens, evidenciando os melhores valores para a maioria das áreas observadas.

Na Figura 5 apresentam-se as imagens sombreadas com resolução de 90 e 10 metros de resolução, onde foram aplicados os parâmetros de Azimute de 135° e 225°, mantendo-se 45° de Ângulo de Elevação e 10 de Exagero de Relevo. Assim, podemos observar próximo ao Canal de São Sebastião e ao Município de Caraguatatuba que as tonalidades em cinza claro correspondem às áreas iluminadas, em cinza escuro as sombreadas e as intermediárias as regiões planas (estas se encontram próximo ao município de Salesópolis – SP).

No Spring, foram criadas composições coloridas a partir das imagens sombreadas com intuito de analisar visualmente as diferentes variações topográficas associando-se diferentes matizes de cores, conforme proposto por Crepani e Medeiros (2004). As composições coloridas das imagens sombreadas possuem melhor qualidade que as em tons de cinza, pois o olho humano consegue discriminar muito mais matizes de cores do que tonalidades de cinza.

Assim, associou-se a cor verde (**GREEN**) nas imagens sombreadas com Azimute igual a 135° e a cor vermelha (**RED**) com 225°, manteve–se Ângulo de Elevação de 45° e Exagero de Relevo igual a 10. Segundo Crepani e Medeiros (2004), as encostas a leste corresponde a matizes de cor verde, a oeste nas cores vermelho e as áreas planas apresentam-se em matizes de cor amarela (**GREEN** + **RED**).

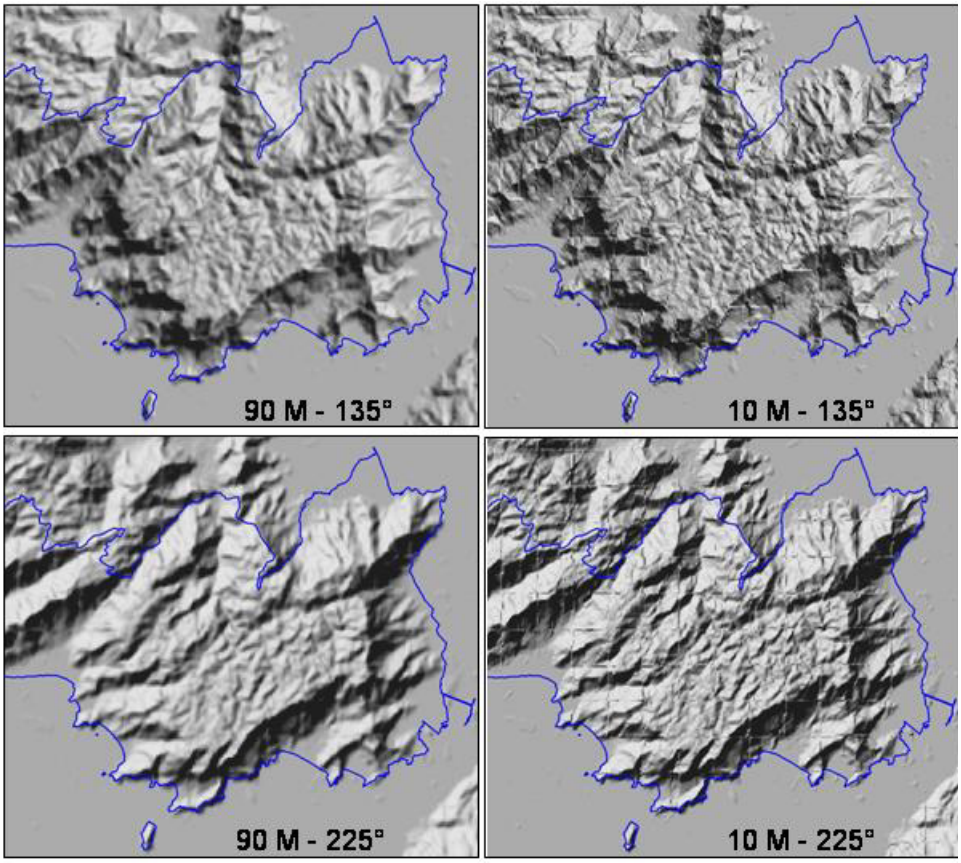

Figura 5 – Imagens Sombreadas com 90 e 10 metros de resolução espacial.

Na Figura 6 mostram-se as composições criadas com as imagens sombreadas de 10 e 90 metros de resolução com Azimute de 135° e 225°, Ângulo de Elevação de 45° e Exagero de Relevo de 10.

No Spring, as curvas de nível ou isolinhas foram geradas a partir da grade retangular de MNT do Projeto SRTM com resolução de 10 metros. As isolinhas fornecem informações sobre a superfície de forma qualitativa, as quais podem fornecer medidas de inclinação e distância ou ainda cálculos de área e volume (Felgueiras & Erthal, 1988).

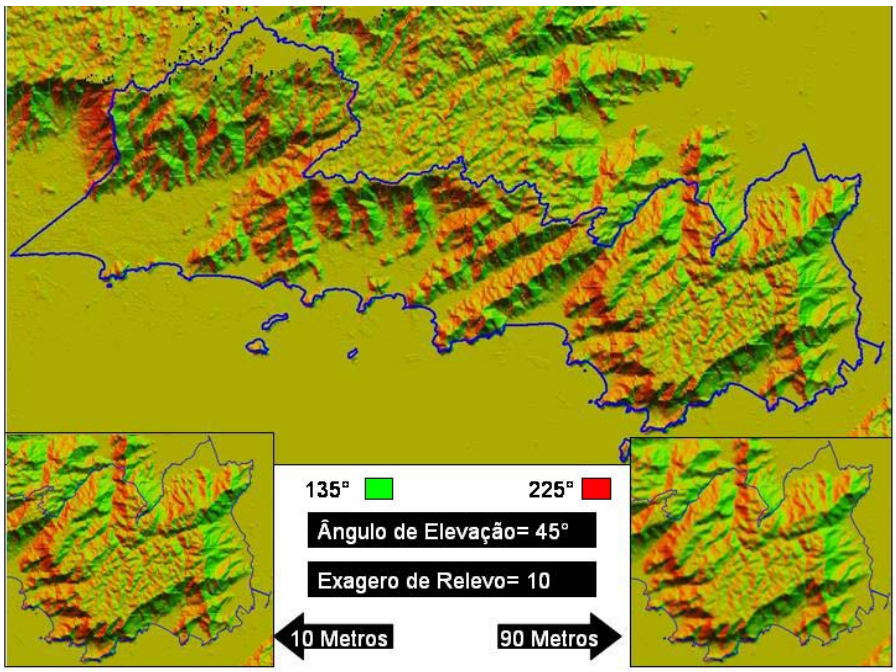

Figura 6 – Composição das Imagens Sombreadas com 90 e 10 metros de resolução espacial.

Na Figura 7, apresentam-se as isolinhas do município de São Sebastião com cotas altimétricas de 0 a 1350 metros.

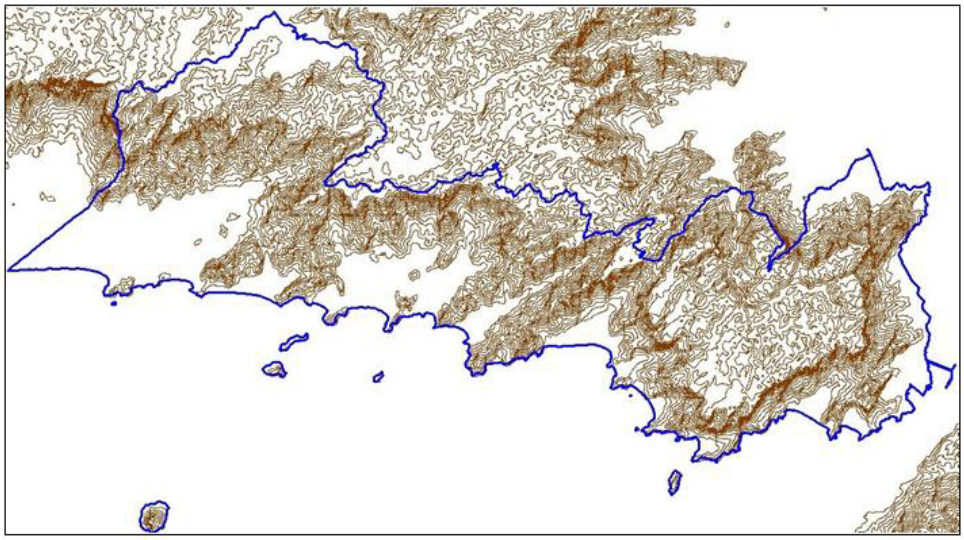

Figura 7 – Isolinhas com limite municipal de São Sebastião –SP.

E na Figura 8, as mesmas isolinhas sobre uma imagem sombreada e na composição de imagens sombreadas com 10 metros de resolução espacial.

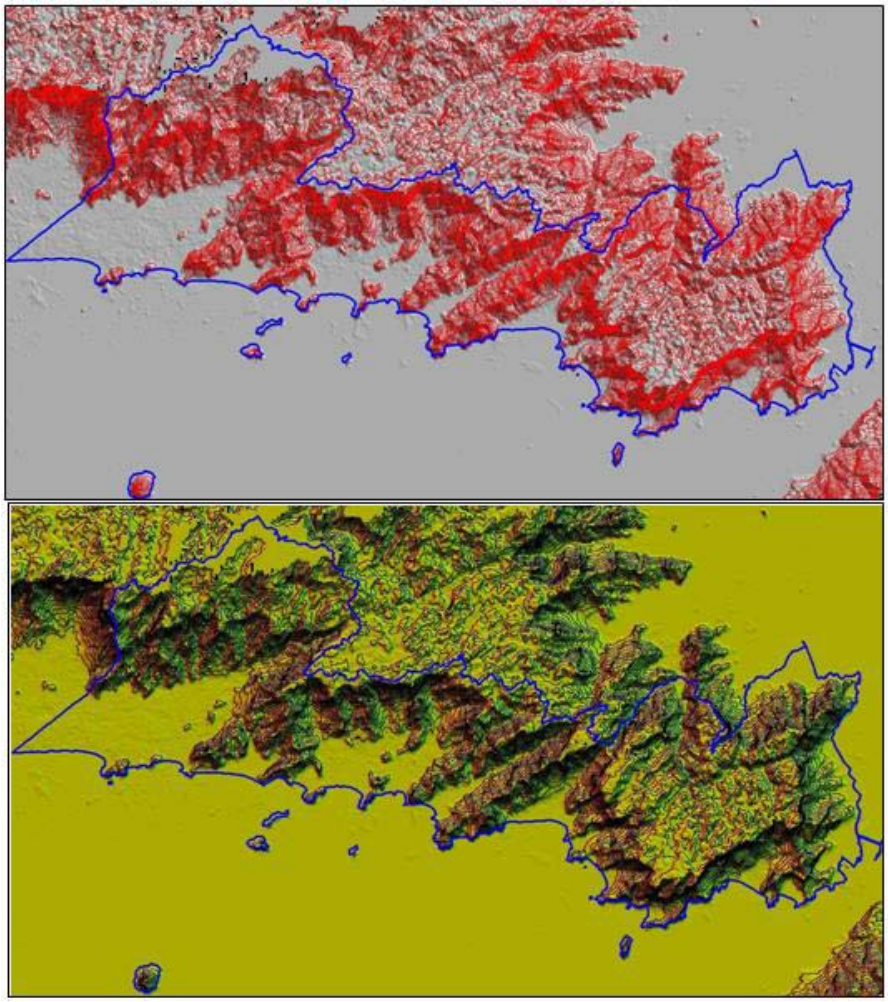

Figura 8 – Sobreposição das isolinhas na Imagem Sombreada e na Composição Sombreada.

RESULTADOS

A geração das curvas de nível ou isolinhas no software SPRING, levou em torno de 10 minutos, comprovando a rapidez e automatização dos dados do SRTM. Desta forma, a obtenção de isolinhas não será mais um problema de lentidão e alto custo através do procedimento de digitalização de enumeras cartas topográficas e coletas de campo de uma determinada região como era antigamente.

O método desenvolvido por Crepani e Medeiros (2004) de geração de isolinhas a partir dos dados do SRTM promoveu um grande avanço em relação à utilização da restituição fotogramétrica, ortofotos e pontos de controle.

Gouvêa et al. (2005) afirma que ao comparar modelos digitais gerados a partir dos dados do SRTM juntamente com cartas do IBGE, os dados do SRTM apresentam maior detalhamento e acurácia devido a maior resolução espacial. Os autores completam que os dados do SRTM foram gerados através de único método e processado de forma padronizada, o que garantiu uma melhor integridade dos dados em aplicações de forma local, regional e global.

Sem dúvida, novos métodos sempre apresentam limitações e erros. Podemos observar que nas Figuras 3, 6 e 8 a linha de costa é mal definida nos dados SRTM. Segundo Jet Propulsion Laboratory – JPL (2005), existem não apenas este problema da linha de costa como também na delimitação de corpos d' água, elevados valores de pontos nos picos e baixos nos vórtices da grade retangular de MNT do Projeto SRTM.

Existem também problemas com os objetos na superfície, ou seja, antenas, obras de corte ou aterro, edificações e variações muito abruptas na cobertura vegetal (desmatamento) são apresentadas como parte integrante da superfície nos dados da grade retangular do SRTM (Valeriano, 2004).

Segundo Nóbrega et al. (2005) a presença maciça de edificações pode prejudicar a detecção da superfície física do terreno através do retorno do sinal do Radar, o que não acontece com numa restituição fotogramétrica. Pois, as edificações são desconsideradas e a altimetria é traçada a partir de observações tangentes ao solo.

Apesar dos problemas apresentados por Jet Propulsion Laboratory – JPL (2005), Nóbrega et al. (2005), Souza Filho et al. (2005) e Valeriano (2004), o dado do SRTM adquirido através da interferometria de Radar é atualmente uma das melhores informações topográficas sobre a América do Sul. Pois, a falta de cartas topográficas atualizadas e confiáveis do território brasileiro está sendo suprida através destes dados.

Muitos pesquisadores estão arduamente analisando e avaliando a qualidade dos dados da grade retangular de MNT fornecidos gratuitamente pela United States Geological Survey – USGS com resolução espacial de 90 metros. Pois, os dados originais se apresentam com a resolução de 30 metros. E não se tem nenhuma informação do porque da redução quanto à densidade de pontos dessa grade retangular de MNT do SRTM (Nóbrega et al., 2005).

Com as isolinhas geradas através do método de Crepani e Medeiros (2004) do município de São Sebastião, pretende-se gerar a hipsometria, a declividade e também um Modelo Digital do Terreno. Assim, será possível avaliar a qualidade e precisão destes dados na referida área de estudo.

A ampla e gratuita disponibilidade dos dados SRTM, de Imagens de satélite e de SIG`s, como é o caso do SPRING, vem a ajudar a comunidade acadêmica e pesquisadores no desenvolvimento e execução de projetos que antes eram limitados pelo alto custo de equipamentos, imagens e capacitação de pessoal.

REFERÊNCIAS

CREPANI, E. & MEDEIROS, J. S. DE Imagens Fotográficas Derivadas de MNT do Projeto SRTM para Fotointerpretação na Geologia, Geomorfologia e Pedologia. São José dos Campos: INPE, 2004. 40 p. (INPE-11238-RPQ/761)

CREPANI, E. & MEDEIROS, J. S. DE Imagens CBERS + Imagens SRTM + Mosaicos Geocover Landsat em ambiente SPRING e TerraView: Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento gratuitos aplicados ao desenvolvimento sustentável. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII, Goiânia. Anais...São Paulo: Imagem Multimídia. Seção de Comunicações Técnicas Cientificas, 2005. CD-ROM.

ESTEIO Site: http://www.esteio.com.br/newsletters/paginas/006/coordenadas.htm Acesso: 27 Jun 2005.

FELGUEIRAS, C. A. & ERTHAL, G. J. Aplicações de Modelos Numéricos de Elevação e Integração com Imagens Digitais. São José dos Campos: INPE, 1988. 6 p. (INPE-4776-PRE/1445).

GOUVÊA, J. R. F.; VALLADARES, G. S.; OSHIRO, O. T.; MANGABEIRA, J. A. DE C. Comparação dos Modelos Digitais de Elevação gerados com dados SRTM e Cartas IBGE na escala 1:250.000 na Região da Bacia do Camanducaia no Estado de São Paulo. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII, Goiânia. Anais...São Paulo: Imagem Multimídia. Seção de Comunicações Técnicas Cientificas, 2005. CD-ROM.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. DEPARTAMENTO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS. (INPE-DPI). SPRING: SPRING Básico - Tutorial SPRING. Acesso: Abr de 2005.

JPL Jet Propulsion Laboratory – Shuttle Radar Topography Mission. Site: http://www2.jpl.nasa.gov./srtm/dataprod.htm Acesso: 18 Abr 2005.

NAMIKAWA, L. M.; FELGUEIRAS, C. A.; MURA, J. C.; ROSIM, S.; LOPES, E. S.S. Modelagem Numérica do Terreno e Aplicações. São José dos Campos: INPE, 2003. 142 p. (INPE-9900-PUD/129).

NOBREGA, R. A. DE A.; SANTOS, C. DOS; CINTRA, J. P. Comparação quantitativa e qualitativa entre o Modelo Digital gerado pelo SRTM e por aerofotogrametria. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII, Goiânia. Anais...São Paulo: Imagem Multimídia. Seção de Comunicações Técnicas Cientificas, 2005. CD-ROM.

MAZZOCATO, M. E. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Urbano da Bacia do Rio Una: Muncipio de São Sebastião, SP. São José dos Campos: INPE, Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. 1998. 197 p. (INPE-6820-TDI/641).

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A..; BAMLER, R. The Shuttle Radar Topography Mission – A new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, v. 57, p. 241-262, 2003.

RODRÍGUEZ, A. C. M. Mapeamento Multitemporal do Uso e Cobertura do Solo do Municipio de São Sebastião-SP, utilizando Técnicas de Segmentação e Classificação de Imagens TM-Landsat e HRV-SPOT. São José dos Campos: INPE, 2000. 94 p. (INPE-7510-PUD/39).

SOUZA FILHO, C. R. O Relevo das Américas como nunca visto antes. InfoGeo, v. 30, p. 54-58, 2003.

VALERIANO, M. M. Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos: INPE, 2004. 72 p. (INPE-10550-RPQ/756).

TOMINAGA, L. K. Análise Morfodinâmica das vertentes da Serra do Juqueriquerê em São Sebastião-SP. São Paulo: FFLCH/USP, Dissertação de Mestrado em Geografia Física. 2000. 162 p.

USGS United States Geological Survey. Site: http://scamless.usgs.gov Acesso: Jan 2005.